种母鸡饲粮不同硒源及添加水平对后代肉鸡生长性能、肉品质、硒沉积和抗氧化功能的影响

肖　雪　李凯旋　袁　栋　占秀安*1

(浙江大学动物科学学院，杭州 310058)

摘　要：本试验旨在研究种母鸡饲粮不同硒源及添加水平对后代肉鸡生长性能、肉品质、硒沉积和抗氧化功能的影响。将 540 只 48 周龄的健康岭南黄父母代肉用种母鸡随机分为 6 个组，每组 3 个重复，每重复 30 只鸡。试验采用 3(硒源)×2(水平)双因素随机试验设计，饲粮硒源分别为亚硒酸钠(SS)、酵母硒(SY)、硒代蛋氨酸(SM)，硒添加水平分别为 0.15 和 0.30 mg/kg（以硒计）。预试期 4 周，正试期 8 周。结果表明：1）与 SS 组相比，SM 组显著降低了 1~21 日龄后代肉鸡的料重比（P<0.05）；SM 和 SY 组显著提高了 1 日龄后代肉鸡肝脏、肾脏和肌肉的硒含量以及肾脏过氧化氢酶（CAT）活性（P<0.05），显著降低了肝脏丙二醛（MDA）含量（P<0.05）。与 SY 组相比，SM 组显著提高了后代肉鸡 16 h 胸肌的 pH 和肾脏、肌肉的硒含量（P<0.05）。2）0.30 mg/kg 组的后代肉鸡肝脏、肾脏和肌肉的硒含量显著高于 0.15 mg/kg 组（P<0.05）。与 0.30 mg/kg 组相比，0.15 mg/kg 组显著提高了后代肉鸡 8 h 胸肌 Hunter a 及 pH（P<0.05），显著降低了后代肉鸡 24、48 h 胸肌滴水损失（P<0.05），显著提高了 1 日龄后代肉鸡肝脏谷胱甘肽过氧化物酶、总超氧化物歧化酶（T-SOD）活性和总抗氧化能力（T-AOC）及肾脏 T-SOD、CAT 活性和 T-AOC（P<0.05），显著降低了 1 日龄后代肉鸡肾脏 MDA 含量（P<0.05）。由此可见，在本试验条件下，种母鸡饲粮中添加 0.15 mg/kg SM 效果最佳。

关键词：硒源；硒水平；母体效应；种母鸡

中图分类号：S831　　　　　　文献标识码：　　　　　　　　　文章编号：

母体效应（maternal effect）是指生物的表现型不仅由其基因型和环境决定，还受雌性亲本的影响[1]。由于后代发育所需的全部营养物质都是母体通过胎盘、乳汁以及鸡蛋传递给后一代，因此母体营养对后代发育、生产性能与健康至关重要。Rehfeldt 等[2]报道，蛋中的养分决定了禽类的生长和发育，而蛋中的养分受母禽营养状态的影响。

硒是人和畜禽动物的必需微量元素，能促进动物生长，提高抗氧化能力[3-4]。饲粮中添加的硒源有 2 类：无机硒和有机硒。与无机硒相比，有机硒具有生物活性强、吸收率高、环

收稿日期：2016-06-13

基金项目：国家肉鸡产业技术体系（CARS-42-G19）；国家自然科学基金（31572422）

作者简介：肖　雪（1991—），女，山东淄博人，硕士研究生，从事动物营养与调控研究。E-mail: xiaoxuecgys@sina.com

*通信作者：占秀安，教授，博士生导师，E-mail: xazan@zju.edu.cn

境污染小等特点[5-6]。在家禽中，母鸡饲粮中的硒通过鸡蛋转移给后代[7]。Pappas 等[8]研究发现，母源硒对后代肉鸡的作用可以持续到出壳后第 4 周。为了研究饲粮中不同种类和添加水平的母源硒对后代肉鸡生长性能、肉品质、硒沉积和抗氧化功能的影响，本试验以酵母硒(SY)、硒代蛋氨酸(SM)为有机硒源，以无机硒源亚硒酸钠(SS)为对照，分别添加 0.15、0.30 mg/kg 2 个硒水平，试图揭示硒的母体营养效应。

1　材料与方法

1.1　试验材料

SS（纯度 99%）、SM（纯度 99%）购自 Sigma 公司，SY 由 Alltech 公司提供。

1.2　试验饲粮

种母鸡和后代肉鸡分别饲喂粉料与颗粒料，除硒外，营养水平均满足 NRC（1994）推荐标准，种母鸡和后代肉鸡饲粮组成及营养水平分别见表 1 和表 2。预试期，种母鸡饲喂不添加硒的基础饲粮（硒含量实测值为 0.04 mg/kg）。试验期，后代肉鸡饲喂商品配合饲料，硒（SS 源）含量实测值为 0.15 mg/kg。

表 1　种母鸡饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of the basal diet for broiler breeders （air-dry basis）

g/kg

原料 Ingredients		营养水平 Nutrient levels2）	
玉米 Corn	646	代谢能 ME/（MJ/kg）	11.2
豆粕 Soybean meal	250	粗蛋白质 CP	161.1
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	18	钙 Ca	30.2
石粉 Limestone	70	总磷 TP	6.5
食盐 NaCl	3	赖氨酸 Lys	8.2
DL-蛋氨酸 *DL*-Met	3	蛋氨酸 Met	5.5
预混料 Premix1)	10	蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	8.1
合计 Total	1 000		

1)预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of the diet：Fe (as ferrous sulfate) 72 mg，Cu (as copper sulfate) 7 mg，Zn (as zinc sulfate) 72 mg，Mn (as manganese sulfate) 90 mg，I (as potassium iodide) 0.9 mg，VA 10 800 IU，VD_3 2 160 IU，VE 27 IU，VK_3

1.4 mg，VB_1 1.8 mg，VB_2 8 mg，VB_6 4.1 mg，VB_{12} 0.01 mg，烟酸 nicotinic acid 32 mg，叶酸 folic acid 1.08 mg，泛酸 pantothenic acid 11 mg，生物素 biotin 0.18 mg。

2)代谢能为计算值，其余均为实测值。ME was a calculated value, while the others were measured values.

表 2　后代肉鸡饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 2　Composition and nutrient levels of basal diets for offspring broilers （air-dry basis） g/kg

项目 Items	1~21 日龄 1 to 21 days of age	22~42 日龄 22 to 42 days of age	43~56 日龄 43 to 56 days of age
原料 Ingredients			
玉米 Corn	590	636	655
豆粕 Soybean meal	360	310	290
豆油 Soybean oil	10	14	20
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	15	12	10
石粉 Limestone	12	15	12
食盐 NaCl	3	3	3
预混料 Premix1)	10	10	10
合计 Total	1 000	1 000	1 000
营养水平 Nutrient levels2)			
代谢能 ME/(MJ/kg)	11.9	12.2	12.4
粗蛋白质 CP	205.2	186.8	179.5
赖氨酸 Lys	12.1	10.5	10.2
蛋氨酸 Met	4.9	4.1	4.2
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	8.1	7.3	7.1
钙 Ca	9.2	9.3	7.6
总磷 TP	6.4	5.7	5.3

1)预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of diets：Fe (as ferrous sulfate) 80 mg，Cu (as copper sulfate) 8 mg，Zn (as zinc sulfate) 60 mg，Mn (as manganese sulfate) 80 mg，I (as potassium iodide) 0.35 mg，Se (as sodium selenite) 0.15 mg，VA 5 000 IU，VD_3 1

000 IU，VE 10 IU，VK_3 0.5 mg，VB_1 2 mg，VB_2 3 mg，VB_6 3 mg，VB_{12} 0.01 mg，烟酸 nicotinic acid 25 mg，叶酸 folic acid 0.55 mg，泛酸钙 calcium pantothenate 10 mg，生物素 biotin 0.15 mg。

[2)]代谢能为计算值，其余均为实测值。ME was a calculated value, while the others were measured values.

1.3 试验设计与饲养管理

本试验采用 3（硒源）×2（水平）双因素随机试验设计，540 只 48 周龄的健康岭南黄父母代肉用种母鸡随机分为 6 个组，每组 3 个重复，每个重复 30 只鸡。饲粮中硒源分别为 SS、SY 和 SM，硒添加水平分别为 0.15 和 0.30 mg/kg（以硒计）。种鸡饲养于 3 层重叠式笼中，每笼饲养 2 只。预试期 4 周，正试期 8 周。试验期间，人工授精每周 1 次，各组均使用同种精液。在最后 1 周收集种蛋，按组、重复分别存放和孵化。

种蛋孵化结束后，每组每个重复随机选取 60 只初生雏鸡饲养。所有后代肉鸡均饲喂相同饲粮，分 3 个阶段，即 1~21 日龄、22~42 日龄、43~56 日龄。

在整个试验期间，种母鸡与后代肉鸡自由采食与饮水，常规管理，正常免疫。

1.4 样品采集

种蛋孵化结束后，每组每个重复随机选取 5 只初生雏鸡，解剖取肝脏、肾脏和左侧胸肌，置于－80 ℃冰箱保存。

在后代肉鸡饲养试验结束后（56 日龄），每组每个重复随机选取 4 只，禁食 12 h，屠宰，取样。

1.5 指标测定及方法

1.5.1 后代肉鸡生长性能

后代肉鸡饲养期间，准确记录各重复的给料重量、余料重量、死淘鸡只数以及死淘鸡的重量。分别于 21 和 56 日龄全群称重，统计各个重复的耗料量、体增重、料重比和死淘率。

1.5.2 56 日龄后代肉鸡胴体组成

按照国家畜禽品种委员会规定的家禽屠宰测定标准，分析肉鸡胴体组成。

活重：屠宰前停料 12 h 后的体重。屠体重：放血去羽毛后的重量。半净膛重：屠体重去气管、食道、嗉囊、肠、脾、胰、胆和生殖器官的重量。全净膛重：半净膛重去心、肝、腺胃、肌胃、脂肪及头、脚的重量。计算公式如下：

屠宰率（%）=（屠体重/活重）×100；

半净膛率（%）=（半净膛重/活重）×100；

全净膛率（%）=（全净膛重/活重）×100；

腹脂率（%）=（腹脂重/活重）×100。

1.5.3　56 日龄后代肉鸡胸肌滴水损失

肉鸡屠宰后，取左侧胸肌的中间部分，修整成 5 cm×2 cm×1 cm（长×宽×高）的肉块，用滤纸吸去表面的水分，称重并记录（W_0）。然后，用铁丝固定肉样的一端，使肌纤维垂直向下，装入充气的样品袋中，肉样不与袋壁接触，扎好袋口，悬挂于 4 ℃冰箱中，分别测定宰后 24 和 48 h 的肉样重量（W_1），按以下公式计算不同时间胸肌的滴水损失[9]：

滴水损失（%）=$[(W_0-W_1)/W_0]\times100$。

1.5.4　56 日龄后代肉鸡胸肌肉色

在 25 ℃的环境条件下，用 SP60 Series 肉色仪分别测定宰后 8 和 16 h 胸肌的 Hunter a 值[10]。每个样本表面取 3 个不同位置，求其平均值。

1.5.5　56 日龄后代肉鸡胸肌 pH

用准确校正后的 Delta-320 酸度计，测定左侧胸小肌的 pH。

1.5.6　1 日龄后代肉鸡肝脏、肾脏和胸肌硒含量

组织硒含量用 AF-610A 型原子荧光光谱仪测定，称取样品 0.2 g 左右，于微波消解罐中，加入 1 mL H_2O_2 后拧紧罐盖，消解 7 min 左右，至溶液无色透明。冷却，用超纯水定容至 10 mL。然后，取消化液 2 mL，置于 10 mL 试管中，先加 1 mL 50%（*V/V*）的盐酸溶液，再加 1 mL 硫脲（5%）和抗坏血酸（5%）的混合液，反应 15 min，用超纯水定容并混匀，上机。空白和阳性对照分别使用超纯水和硒标准参照物[《猪肝成分分析标准物质》（GBW08551），国家商业局食品检测科学院]。

1.5.7　1 日龄后代肉鸡肝脏、肾脏抗氧化性能

谷胱甘肽过氧化物酶（GSH-Px）活性、总超氧化物歧化酶（T-SOD）活性、过氧化氢酶（CAT）活性、总抗氧化能力（T-AOC）、丙二醛（MDA）含量和组织蛋白质含量，均用南京建成生物工程研究所提供的试剂盒测定，具体步骤参照说明书。

1.6　数据处理

所有数据均采用 SPSS 16.0 统计软件进行分析，并以“平均值±标准差”形式表示，采用 GLM 模型检验硒源和添加水平的主效应及交互效应。根据 LSD 法对差异显著（$P<0.05$）的数据进行多重比较。

2　结　果

2.1 种母鸡饲粮不同硒源和添加水平对后代肉鸡生长性能的影响

由表 3 和表 4 可知，与 SS 组相比，SM 组显著降低了 1~21 日龄后代肉鸡料重比（P<0.05）；种母鸡饲粮不同硒源和添加水平对 22~56 日龄后代肉鸡生长性能无显著影响（P>0.05）。

表 3 种母鸡饲粮不同硒源和添加水平对 1~21 日龄后代肉鸡生长性能的影响

Table 3 Effects of dietary different selenium source and supplemental level of broiler breeders on growth performance of offspring broilers aged from 1 to 21 days of age

硒源 Selenium source	添加水平 Supplemental level/(mg/kg)	体重 BW/g	平均日增重 ADG/g	料重比 F/G	死亡率 Mortality/%
亚硒酸钠 SS	0.15	509.20±18.41	22.15±0.89	1.62±0.06[a]	2.38±0.00
	0.30	509.80±16.89	22.19±0.79	1.58±0.08[ab]	2.38±2.38
酵母硒 SY	0.15	506.40±6.99	22.04±0.37	1.57±0.05[ab]	4.76±4.76
	0.30	507.70±0.24	22.11±0.02	1.56±0.05[ab]	2.38±2.38
硒代蛋氨酸 SM	0.15	516.20±14.16	22.49±0.68	1.52±0.02[b]	1.59±1.37
	0.30	520.00±9.26	22.61±0.42	1.52±0.02[b]	1.52±1.32
主效应 Main effect					
硒源 Selenium source	SS	509.50±15.80[b]	22.17±0.75	1.60±0.07[a]	2.38±1.51
	SY	507.10±4.47[b]	22.07±0.23	1.57±0.04[ab]	3.57±3.61
	SM	518.10±11.03[a]	22.55±0.51	1.52±0.02[b]	1.55±1.20
添加水平 Supplemental level/(mg/kg)	0.15	510.60±12.88	22.23±0.62	1.57±0.06	2.91±2.86
	0.30	512.50±11.26	22.30±0.51	1.55±0.05	2.09±1.86
P 值 P-value	硒源 Selenium source	0.322	0.377	0.064	0.402
	添加水平 Supplemental level	0.756	0.786	0.497	0.502
	硒源×添加水平 Selenium source× supplemental level	0.973	0.994	0.718	0.665

同列数据肩标不同小写字母表示差异显著（P<0.05），相同或无字母表示差异不显著（P>0.05）。下表同。

In the same column, values with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (P>0.05). The same as below.

表 4　种母鸡饲粮不同硒源和添加水平对 22~56 日龄后代肉鸡生长性能的影响

Table 4　Effects of dietary different selenium source and supplemental level of broiler breeders on growth performance of offspring broilers aged from 22 to 56 days of age

硒源 Selenium source	添加水平 Supplemental level/(mg/kg)	体重 BW/g	平均日增重 ADG/g	料重比 F/G	死亡率 Mortality/%
亚硒酸钠 SS	0.15	2 121.000±4.480	37.090±0.083	2.210±0.004	6.350±6.872
	0.30	2 134.500±17.490	37.340±0.307	2.210±0.035	4.760±0.004
酵母硒 SY	0.15	2 113.900±66.720	36.970±1.202	2.210±0.003	5.560±4.955
	0.30	2 116.900±4.810	37.020±0.093	2.160±0.053	6.350±4.960
硒代蛋氨酸 SM	0.15	2 141.100±61.800	37.450±1.109	2.160±0.045	4.760±2.383
	0.30	2 175.900±25.130	38.050±0.445	2.170±0.051	3.830±1.270
主效应 Main effect					
硒源 Selenium source	SS	2 127.800±13.620	37.210±0.250	2.210±0.032	5.560±4.441
	SY	2 115.400±42.330	37.000±0.761	2.180±0.039	5.950±4.448
	SM	2 158.500±46.290	37.750±0.831	2.160±0.034	4.300±1.772
添加水平 Supplemental level/(mg/kg)	0.15	2 125.400±47.140	37.170±0.850	2.200±0.025	5.440±4.454
	0.30	2 142.400±30.480	37.470±0.528	2.180±0.039	4.980±2.781
P 值 *P*-value	硒源 Selenium source	0.189	0.206	0.098	0.776

添加水平 Supplemental level	0.374	0.386	0.237	0.774
硒源×添加水平 Selenium source× supplemental level	0.778	0.798	0.425	0.878

2.2　种母鸡饲粮不同硒源和添加水平对 56 日龄后代肉鸡胴体组成和肉品质的影响

由表 5、表 6 和表 7 可知，种母鸡饲粮不同硒源和水平对 56 日龄后代肉鸡各胴体组成均无显著影响（*P*>0.05）。与 SS 和 SY 组相比，SM 组显著提高了 56 日龄后代肉鸡宰后 16 h 胸肌 pH（*P*<0.05）。与 0.30 mg/kg 组相比，0.15 mg/kg 组显著提高了 56 日龄后代肉鸡宰后 8 h 胸肌 Hunter a 值及 pH（*P*<0.05），显著降低了 56 日龄后代肉鸡宰后 24、48 h 胸肌滴水损失（*P*<0.05）。

表 5　种母鸡饲粮不同硒源和添加水平对 56 日龄后代肉鸡胴体组成的影响

Table 5　Effects of dietary different selenium source and supplemental level of broiler breeders on carcass composition of offspring broilers at 56 days of age　　%

硒源 Selenium source	添加水平 Supplemental level/(mg/kg)	全净膛率 Eviscerated rate	半净膛率 Semi-eviscerated rate	胸肌率 Breast muscle rate	腿肌率 Leg muscle rate
亚硒酸钠 SS	0.15	69.54±0.78	76.71±0.87	11.95±0.83	12.57±0.64
	0.30	69.39±1.18	77.09±0.99	11.26±1.06	12.52±0.82
酵母硒 SY	0.15	69.68±3.39	76.73±4.67	11.95±1.19	12.27±1.11
	0.30	69.81±1.95	77.14±1.73	11.64±0.88	12.65±0.54
硒代蛋氨酸 SM	0.15	69.48±1.54	77.61±1.18	11.37±0.90	11.96±0.84
	0.30	70.28±1.03	77.83±1.04	11.27±0.93	12.63±0.84
主效应 Main effect					
硒源 Selenium source	SS	69.47±0.97	76.90±0.93	11.36±0.99	12.54±0.72
	SY	69.75±2.69	76.94±3.42	11.79±1.03	12.46±0.87
	SM	69.88±1.33	77.72±1.09	11.32±0.89	12.29±0.89
添加水平 Supplemental level/(mg/kg	0.15	69.57±2.11	77.02±2.75	11.76±0.99	12.27±0.89
	0.30	69.83±1.44	77.35±1.30	11.22±0.91	12.60±0.72

)

P 值 *P*-value	硒源 Selenium source	0.793	0.459	0.347	0.645
	添加水平 Supplemental level	0.607	0.578	0.171	0.139
	硒源×添加水平 Selenium source×supplemental level	0.734	0.990	0.658	0.422

表 6　种母鸡饲粮不同硒源和添加水平对 56 日龄后代肉鸡胸肌 Hunter a 值和滴水损失的影响

Table 6　Effects of dietary different selenium source and supplemental level of broiler breeders on Hunter a value and drip loss of breast muscle of offspring broilers at 56 days of age

硒源 Selenium source	添加水平 Supplemental level/(mg/kg)	Hunter a 值 Hunter a value		滴水损失 Drip loss/%	
		8 h	16 h	24 h	48 h
亚硒酸钠 SS	0.15	13.43±1.36[bc]	14.17±2.07[a]	3.01±0.88[a]	4.39±0.93[a]
	0.30	12.42±1.97[c]	12.14±2.67[b]	2.36±0.44[b]	3.60±0.53[b]
酵母硒 SY	0.15	15.27±1.96[a]	12.93±2.27[ab]	1.78±0.41[c]	3.51±0.39[b]
	0.30	12.48±1.62[c]	13.67±1.68[ab]	3.07±0.48[a]	4.41±0.66[a]
硒代蛋氨酸 SM	0.15	14.30±1.15[ab]	14.27±1.73[a]	2.04±0.28[bc]	3.25±0.41[b]
	0.30	12.25±2.16[c]	13.22±2.13[ab]	3.04±0.52[a]	4.41±0.54[a]
主效应 Main effect					
硒源 Selenium source	SS	12.88±1.71	13.16±2.55	2.68±0.76	3.99±0.84
	SY	13.87±2.26	13.30±1.97	2.43±0.79	3.96±0.70
	SM	13.27±1.98	13.74±1.96	2.54±0.66	3.83±0.76
添加水平 Supplemental level/(mg/kg)	0.15	14.30±1.67[a]	13.79±2.05	2.28±0.78[b]	3.72±0.78[b]
	0.30	12.38±1.86[b]	13.01±2.21	2.82±0.57[a]	4.14±0.68[a]
P 值 *P*-value	硒源 Selenium source	0.237	0.688	0.361	0.684

添加水平 Supplemental level	<0.001	0.181	<0.001	0.014
硒源×添加水平 Selenium source×supplemental level	0.281	0.149	<0.001	<0.001

表 7　种母鸡饲粮不同硒源和添加水平对 56 日龄后代肉鸡胸肌 pH 的影响

Table 7　Effects of dietary different selenium source and supplemental level of broiler breeders on breast muscle pH of offspring broilers at 56 days of age

硒源 Selenium source	添加水平 Supplemental level/(mg/kg)	pH	
		8 h	16 h
亚硒酸钠 SS	0.15	5.46±0.08[a]	5.45±0.05[ab]
	0.30	5.30±0.14[bc]	5.47±0.05[a]
酵母硒 SY	0.15	5.39±0.04[ab]	5.41±0.04[b]
	0.30	5.24±0.15[c]	5.43±0.04[ab]
硒代蛋氨酸 SM	0.15	5.39±0.05[ab]	5.42±0.05[b]
	0.30	5.27±0.23[bc]	5.43±0.05[ab]
主效应 Main effect			
硒源 Selenium source	SS	5.38±0.14	5.36±0.12[b]
	SY	5.32±0.13	5.34±0.14[b]
	SM	5.33±0.17	5.46±0.05[a]
添加水平 Supplemental level/(mg/kg)	0.15	5.41±0.07[a]	5.44±0.05[a]
	0.30	5.27±0.17[b]	5.34±0.15[b]
P 值 *P*-value	硒源 Selenium source	0.339	0.001
	添加水平 Supplemental level	<0.001	<0.001
	硒源×添加水平 Selenium source×supplemental level	0.906	0.007

2.3　种母鸡饲粮不同硒源和添加水平对 1 日龄后代肉鸡组织硒沉积量的影响

由表 8 可知，与 SS 组相比，SM 和 SY 组显著提高了 1 日龄后代肉鸡肝脏、肾脏和肌肉中的硒含量（P<0.05）；与 SY 组相比，SM 组显著提高了 1 日龄后代肉鸡肾脏和肌肉的硒含量（P<0.05）。0.30 mg/kg 组 1 日龄后代肉鸡肝脏、肾脏和肌肉中硒含量显著高于 0.15 mg/kg 组（P<0.05）。

表 8　种母鸡饲粮不同硒源和添加水平对 1 日龄后代肉鸡组织硒沉积量的影响

Table 8　Effects of dietary different selenium source and supplemental level of broiler breeders on tissue selenium retention of offspring broilers at 1 day of age　　mg/kg

硒源 Selenium source	添加水平 Supplemental level/(mg/kg)	肝脏 Liver	肾脏 Kidney	肌肉 Muscle
SS	0.15	0.370±0.056[c]	0.440±0.039[d]	0.095±0.008[d]
	0.30	0.401±0.049[bc]	0.506±0.029[c]	0.111±0.011[c]
SY	0.15	0.425±0.028[b]	0.463±0.022[d]	0.105±0.009[cd]
	0.30	0.539±0.032[a]	0.553±0.045[b]	0.129±0.016[b]
SM	0.15	0.448±0.050[b]	0.509±0.044[c]	0.114±0.006[c]
	0.30	0.538±0.062[a]	0.599±0.041[a]	0.143±0.014[a]
主效应 Main effect				
硒源 Selenium source	SS	0.386±0.053[b]	0.473±0.048[c]	0.103±0.013[c]
	SY	0.482±0.066[a]	0.508±0.058[b]	0.117±0.017[b]
	SM	0.493±0.071[a]	0.554±0.062[a]	0.127±0.019[a]
添加水平 Supplemental level/(mg/kg)	0.15	0.414±0.055[b]	0.470±0.045[b]	0.104±0.010[b]
	0.30	0.493±0.081[a]	0.553±0.054[a]	0.128±0.019[a]
P 值 *P*-value	硒源 Selenium source	<0.001	<0.001	<0.001
	添加水平 Supplemental level	<0.001	<0.001	<0.001
	硒源×添加水平 Selenium source×supplemental level	0.052	0.593	0.176

2.4 种母鸡饲粮不同硒源和添加水平对 1 日龄后代肉鸡抗氧化功能的影响

由表 9 和表 10 可知，与 SS 组相比，SM 和 SY 组显著提高了 1 日龄后代肉鸡肾脏 CAT 活性（P<0.05），显著降低了 1 日龄后代肉鸡肝脏 MDA 含量（P<0.05）。与 0.30 mg/kg 组相比，0.15 mg/kg 组显著提高了 1 日龄后代肉鸡肝脏 GSH-Px、T-SOD 活性和 T-AOC 及肾脏 T-SOD、CAT 活性和 T-AOC（P<0.05），显著降低了 1 日龄后代肉鸡肾脏 MDA 含量（P<0.05）。

表 9　种母鸡饲粮不同硒源和添加水平对 1 日龄后代肉鸡肝脏抗氧化功能的影响

Table 9　Effects of dietary different selenium source and supplemental level of broiler breeders on liver antioxidant function of offspring broilers at 1 day of age

硒源 Selenium source	添加水平 Supplemental level/(mg/kg)	谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/mg prot)	总超氧化物歧化酶 T-SOD/(U/mg prot)	过氧化氢酶 CAT/(U/mg prot)	总抗氧化能力 T-AOC/(U/mg prot)	丙二醛 MDA/(nmol/mg prot)
亚硒酸钠 SS	0.15	38.39±5.09^{a}	137.30±12.21^{b}	40.72±7.24^{a}	0.72±0.14^{ab}	3.51±0.44^{a}
	0.30	24.04±2.06^{c}	132.30±7.45^{b}	31.88±8.40^{b}	0.67±0.05^{b}	3.59±1.22^{a}
酵母硒 SY	0.15	34.28±2.20^{b}	138.40±5.28^{b}	31.84±2.68^{b}	0.81±0.03^{a}	3.05±0.42^{ab}
	0.30	27.67±2.99^{c}	139.70±12.31^{b}	34.56±3.21^{b}	0.68±0.07^{b}	2.97±0.35^{ab}
硒代蛋氨酸 SM	0.15	35.35±3.29^{ab}	158.40±22.56^{a}	32.04±2.04^{b}	0.75±0.07^{ab}	2.69±0.51^{b}
	0.30	25.05±2.52^{c}	131.00±16.01^{b}	34.08±4.28^{b}	0.74±0.07^{ab}	2.63±0.55^{b}
主效应 Main effect						
硒源 Selenium source	SS	31.21±8.36	134.80±10.00	36.32±8.80	0.70±0.10	3.55±0.87^{a}
	SY	30.97±4.26	139.00±9.06	33.20±3.16	0.75±0.01	3.01±0.37^{b}
	SM	30.20±6.07	144.70±23.50	33.04±3.36	0.74±0.07	2.66±0.51^{b}
添加水平 Supplemental level/(mg/kg)	0.15	36.01±3.93^{a}	144.70±17.35^{a}	34.88±6.08	0.76±0.09^{a}	3.09±0.55
	0.30	25.58±2.87^{b}	134.30±12.33^{b}	33.48±5.52	0.70±0.06^{b}	3.06±0.85
P 值 P-value	硒源 Selenium	0.719	0.231	0.240	0.234	0.008

source					
添加水平 Supplemental level	<0.001	0.033	0.435	0.036	0.917
硒源×添加水平 Selenium source×supplemental level	0.021	0.041	0.017	0.198	0.949

表 10 种母鸡饲粮不同硒源和添加水平对 1 日龄后代肉鸡肾脏抗氧化功能的影响

Table 10 Effects of dietary different selenium source and supplemental level of broiler breeders on kidney antioxidant function of offspring broilers at 1 day of age

硒源 Selenium source	添加水平 Supplemental level/(mg/kg)	谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/mg prot)	总超氧化物歧化酶 T-SOD/(U/mg prot)	过氧化氢酶 CAT/(U/mg prot)	总抗氧化能力 T-AOC/(U/mg prot)	丙二醛 MDA/(nmol/mg prot)
亚硒酸钠 SS	0.15	35.87 ± 9.39^{cd}	213.60 ± 32.74^{ab}	30.00 ± 1.90^{bc}	2.34 ± 0.50^{a}	4.43 ± 0.11^{ab}
	0.30	53.70 ± 2.21^{ab}	202.90 ± 13.97^{ab}	16.68 ± 1.62^{c}	2.13 ± 0.12^{a}	4.74 ± 0.31^{ab}
酵母硒 SY	0.15	47.41 ± 8.97^{b}	232.90 ± 63.06^{a}	36.82 ± 4.98^{a}	2.09 ± 0.52^{a}	3.59 ± 0.04^{b}
	0.30	58.66 ± 2.18^{a}	171.80 ± 28.11^{bc}	32.24 ± 5.32^{b}	1.90 ± 0.26^{a}	4.17 ± 1.56^{ab}
硒代蛋氨酸 SM	0.15	46.50 ± 4.76^{bc}	225.40 ± 9.96^{ab}	33.68 ± 8.64^{b}	2.31 ± 0.19^{a}	2.24 ± 0.18^{c}
	0.30	28.40 ± 4.75^{d}	134.20 ± 28.22^{c}	26.42 ± 2.58^{bc}	1.16 ± 0.20^{b}	5.17 ± 0.49^{a}
主效应 Main effect						
硒源 Selenium source	SS	44.79±11.51	208.22±23.03	23.34 ± 7.46^{b}	2.24±0.35	4.59±0.27
	SY	53.03±8.49	202.30±55.03	34.52 ± 5.24^{a}	2.00±0.38	3.88±1.04
	SM	37.45±10.79	179.80±53.40	30.06 ± 6.96^{a}	1.73±0.65	3.70±1.64
添加水平 Supplemental level/(mg/kg)	0.15	43.26±8.87	224.00 ± 36.86^{a}	33.50 ± 5.88^{a}	2.25 ± 0.39^{a}	3.42 ± 0.96^{b}
	0.30	46.92±14.34	169.60 ± 36.40^{b}	25.10 ± 7.46^{b}	1.73 ± 0.47^{b}	4.69 ± 0.94^{a}
P 值 *P*-value	硒源 Selenium source	0.003	0.343	0.006	0.071	0.101
	添加水平 Supplemental level	0.228	0.005	0.003	0.007	0.002
	硒源×添加水平 Selenium	0.001	0.158	0.313	0.048	0.012

source×
supplementa
l level

3 讨 论

3.1 种母鸡饲粮不同硒源和添加水平对后代肉鸡生长性能和肉品质的影响

尽管遗传选择能够主导亲代基因传递给后代，但越来越多的证据表明母体营养效应对后代肉鸡具有重要影响。Cantor 等[11]研究发现，母代饲喂加硒饲粮可以改善后代肉鸡（14 日龄）的生长性能。郭福存等[12]在种母鸡饲粮中添加不同硒源，结果显示，母源有机硒较无机硒能显著提高后代雏鸡的体长与体重。本试验结果显示，同 SS 和 SY 相比，SM 能显著提高 21 日龄后代肉鸡的体重，降低料重比，但不同形式的母源硒对 56 日龄后代肉鸡生长性能没有显著影响。其可能原因是：母源硒直接作用于雏鸡，对其进行早期营养调控，而在生长中后期由于后代肉鸡大量采食含硒商品饲粮，母源硒在后代肉鸡上的直接作用逐渐消失，所以影响相对较小。

本研究结果还显示，0.15 mg/kg 硒较 0.30 mg/kg 硒显著提高了后代肉鸡宰后 8 h 胸肌 Hunter a 值及 pH，降低了滴水损失，可能是因为过高的硒含量对机体有一定的副作用，具体机理有待进一步研究。

3.2 母鸡饲粮不同硒源和添加水平对 1 日龄后代肉鸡组织硒沉积量的影响

硒可通过母体转移到蛋中，进而影响胚胎和 1 日龄后代肉鸡组织中硒的含量，因此母代饲粮中硒含量对后代生长发育十分重要[11]。机体硒水平存在组织差异性，由血液进入组织的硒主要存储在肝和肾中，只有少量蓄积在肌肉、骨骼以及脑中[13]。Invernizzi 等[14]在蛋鸡上的研究发现，SY 组较基础饲粮组显著提高了胸肌和肝脏的硒含量；有机硒较无机硒显著提高了 1 日龄后代肉鸡组织中的硒沉积。本试验结果显示，与 SS 组相比，SM 和 SY 组显著提高了 1 日龄后代肉鸡肝脏、肾脏和肌肉的硒含量；0.30 mg/kg 组 1 日龄后代肉鸡肝脏、肾脏和肌肉的硒含量显著高于 0.15 mg/kg 组；这与 Pappas 等[8]的研究结果一致。我们还发现，与 SY 组相比，SM 组能显著提高 1 日龄后代肉鸡肾脏和肌肉的硒含量，可能的原因是：SY 作为一种发酵产物，虽然是以 SM 为主要成分，但是以酵母中蛋白质结合态形式存在的，需要酵母破壁并降解蛋白质后才能被吸收，而 SM 是单个氨基酸形式存在的，可被肠道直接吸收。

3.3 种母鸡饲粮不同硒源和添加水平对 1 日龄后代肉鸡抗氧化功能的影响

硒是重要的食源性抗氧化剂，机体缺硒会引起硒酶活性降低，阻碍氧自由基的清除，进而导致生物膜损伤以及解毒和免疫功能减退等一系列功能障碍，引发各类疾病。初生雏鸡机

体中硒是通过鸡蛋从母体中获得的。Surai 等[15]研究发现，种母鸡饲粮补硒提高了 1 日龄后代肉鸡肝脏硒含量以及 GSH-Px 活性，增强初生雏鸡抗氧化功能，这种母体效应作用会持续至雏鸡出生后 5～10 d。Pappas 等[8]的研究表明，母鸡硒营养对于后代的影响可以持续至后代肉鸡 4 周龄。本研究结果表明，种母鸡饲粮添加有机硒（SM 和 SY）较无机硒（SS）显著提高了 1 日龄后代肉鸡肾脏 CAT 活性，降低了 1 日龄后代肉鸡肝脏 MDA 含量。CAT 是机体内重要的抗氧化酶，能有效分解过氧化氢（H_2O_2），清除机体氧自由基，提高机体抗氧化水平。

本试验发现，在 1 日龄后代肉鸡上，饲粮添加 0.15 mg/kg 硒较 0.30 mg/kg 硒更能提高 1 日龄后代肉鸡组织 T-SOD 活性和 T-AOC，这与 Wilaison 等[16]的研究一致。Wilaison 等[17]在母代鹌鹑基础饲粮中分别添加 0、0.25、0.50 和 1.00 mg/kg 水平的硒，结果发现，0.25 mg/kg 硒剂量组鸡胚中 *GSH-Px* mRNA 的表达量最高，0.50~1.00 mg/kg 硒剂量组 *GSH-Px* mRNA 的表达量反而降低。这提示我们，过高的硒含量对鸡胚和 1 日龄后代肉鸡的发育可能存在一定的毒副作用。

4 结 论

①在硒沉积上，SM 优于 SY，SY 优于 SS，0.30 mg/kg 水平优于 0.15 mg/kg 水平。

②在抗氧化功能上，2 种有机硒均优于 SS，但 SM 与 SY 效果基本一致。

③在提高后代肉鸡生长性能上，SM 较 SS 能显著改善后代肉鸡 21 日龄的料重比，而其他指标各组间均无显著差异。

④在本试验条件下，肉用种母鸡饲粮以 0.15 mg/kg SM 表现出更好的母体营养效应。

参考文献：

[1] MARSHALL D J,ULLER T.When is a maternal effect adaptive?[J].Oikos,2007,116(12):1957–1963.

[2] REHFELDT C,NISSEN P M,KUHN G,et al.Effects of maternal nutrition and porcine growth hormone (pGH) treatment during gestation on endocrine and metabolic factors in sows,fetuses and pigs,skeletal muscle development,and postnatal growth[J].Domestic Animal Endocrinology,2004,27(3):267–285.

[3] CANTOR A H,TARION J Z.Comparative effects of inorganic and organic dietary sources of selenium on selenium levels and selenium-dependent glutathione peroxidase activity in blood of young turkeys[J].The Journal of Nutrition,1982,112(11):2187–2196.

[4] CANTOR A H.The role of selenium in poultry nutrition[J].Zootecnica International,1997,20:46–47.

[5] WU R J,ZHAN X A,WANG Y X,et al.Effect of different selemethionine forms and levels on performance of breeder hens and Se distribution of tissue and egg inclusion[J].Biological Trace Element Research,2011,143(2):923–931.

[6] WANG C,LOVELL R T.Organic selenium sources,selenomethionine and selenoyeast,have higher bioavailability than an inorganic selenium source,sodium selenite,in diets for channel catfish (*Ictalurus punctatus*)[J].Aquaculture,1997,152(1/2/3/4):223–234.

[7] YUAN D,ZHAN X A,WANG Y X.Effects of selenium sources and levels on reproductive performance and selenium retention in broiler breeder,egg,developing embryo,and 1-day-old chick[J].Biological Trace Element Research,2011,144(1/2/3):705–714.

[8] PAPPAS A C,KARADAS F,SURAI P F,et al.The selenium intake of the female chicken influences the selenium status of her progeny[J].Comparative Biochemistry and Physiology Part B:Biochemistry and Molecular Biology,2005,142(4):465–474.

[9] JAMES B W,GOODBAND R D,UNRUH J A,et al.Effect of creatine monohydrate on finishing pig growth performance,carcass characteristics and meat quality[J].Animal Feed Science and Technology,2002,96(3/4):135–145.

[10] PI Z K,WU Y M,LIU J X.Effect of pretreatment and pelletization on nutritive value of rice straw-based total mixed ration,and growth performance and meat quality of growing Boer goats fed on TMR[J].Small Ruminant Research,2005,56(1/2/3):81–88.

[11] CANTOR A H,SCOTT M L.The effect of selenium in the hen's diet on egg production,hatchability,performance of progeny and selenium concentration in eggs[J].Poultry Science,1974,53(5):1870–1880.

[12] 郭福存,王斯佳,宗杨,等.有机硒对雏鸡质量及酶活性的影响[J].饲料研究,2008(2):4–6.

[13] 许梓荣.畜禽矿物质营养[M].杭州:浙江大学出版社,1992.

[14] INVERNIZZI G,AGAZZI A,FERRONI M,et al.Effects of inclusion of selenium-enriched yeast in the diet of laying hens on performance,eggshell quality,and selenium tissue deposition[J].Italian Journal of Animal Science,2013,12(1):e1.

[15] SURAI P F.Effect of selenium and vitamin E content of the maternal diet on the antioxidant system of the yolk and the developing chick[J].British Poultry Science,2000,41(2):235–243.

[16] WILAISON S,MORI M.Effect of selenium on hatchability and cellular glutathione peroxidase mRNA expression during embryogenesis in Japanese quail (*Coturnix japonica*)[J].The Journal of Poultry Science,2009,46(4):340–344.

Effects of Dietary Different Selenium Source and Supplemental Level of Broiler Breeders on Growth Performance, Meat Quality, Seleniun Retention and Antioxidant Function of Offspring Broilers

XIAO Xue LI Kaixuan YUAN Dong ZHAN Xiuan[*2]

(*College of Animal Science*, *Zhejiang University*, *Hangzhou* 310058, *China*)

Abstract: This study was conducted to investigate the effects of dietary different selenium source and supplemental level of broiler breeders on growth performance, meat quality, seleniun retention and antioxidant function of offspring broilers. A total of 540 healthy *Lingnan* yellow broiler breeders (48-week-old) were randomly assigned to 6 groups with 3 replicates per group and 30 birds per replicate. A 3×2 completely random design was employed in this trail, including 3 sources [sodium selenite (SS), selenium-enriched yeast (SY) and selenomethionine (SM)] and 2 levels (0.15 and 0.30 mg/kg) of Se. The feeding experiment lasted for 8 weeks after 4 weeks of pre-test. The results showed as follows: 1) compared with SS group, SM group significant reduced feed to gain ratio of offspring broilers aged from 1 to 21 days of age (P<0.05); SM and SY groups significant improved the content of seleniun in liver, kidney and muscle and kidney catalase (CAT) activity of offspring broilers at 1 day of age (P<0.05), and significant reduced liver malondialdehyde (MDA) content (P<0.05). Compared with SY group, SM group significant increased the breast muscle 16 h pH and the content of seleniun in kidney and muscle of offspring broilers (P<0.05). 2） The content of selenium in liver, kidney and muscle in 0.30 mg/kg group was significantly higher than that in 0.15 mg/kg group (P<0.05). Compared with 0.30 mg/kg group, 0.15 mg/kg group significant increased the breast muscle 8 h Hunter a and pH of offspring broilers (P<0.05), and significant reduced the breast muscle drip loss at 24 and 48 h of offspring broilers (P<0.05), and significant increased the liver glutathione peroxidase activity, total superoxide dismutase (T-SOD) activity and total antioxidation capability (T-AOC), and kidney T-SOD activity, CAT activity and T-AOC of offspring broilers at 1 day of age (P<0.05), and significant reduced the kidney MDA content of offspring broilers at 1 day of age (P<0.05). The results suggest that under the conditions of this experiment, broiler breeders diets supplemented with 0.15 mg/kg SM works the best.

*Corresponding author, professor, E-mail: xazan@zju.edu.cn (责任编辑　武海龙)

Key words: selenium source; selenium level; maternal effect; broiler breeders